

Frank Dickmann

**Einsatzmöglichkeiten neuer Informationstechnologien für die Auf-  
bereitung und Vermittlung geographischer Informationen  
- das Beispiel kartengestützte Online-Systeme**

Applications of new information technologies for the preparation and  
efficient transmission of geographic information  
- the example of map-based systems on the Internet

## Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>10</b>
<b>Verzeichnis der Tabellen</b>	<b>11</b>
<b>1. Einführung</b>	<b>12</b>
1.1 Die Bedeutung konventioneller und moderner Kartendarstellungen in der Geographie	13
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Untersuchung	17
1.3 Stand der Forschung	19
<b>1. Einsatzmöglichkeiten der Internet-Technologie für die Vermittlung von Geographischen Informationen</b>	<b>23</b>
<b>2. Die Innovation des kartengestützten Informationstransfers im Internet</b>	<b>23</b>
2.1 Zur Terminologie	23
2.2 Die Ursprünge der neuen Technik	24
2.3 Interaktivität und GIS-Funktionalität	26
<b>3. Aufbau kartenbasierter Informationssysteme im Internet</b>	<b>30</b>
3.1 Die Technik der „Raumüberwindung“: <i>Client-Server-Modelle</i>	30
3.2 Die Aufbereitung von Rauminformationen zur Übertragung im Internet	34
3.3 Räumliche Aufteilung von Verarbeitungsprozessen	37
3.4 Die funktionale Erweiterung der HTML-Technologie als software-technische Voraussetzung einer effizienten Informationsvermittlung	39
3.4.1 Die Nutzung von <i>Viewern</i>	40
3.4.2 Die Nutzung von <i>Plug-Ins</i>	41
3.4.3 <i>Java</i> und <i>Active-X</i>	47
3.4.4 <i>JavaScript</i>	49
3.4.5 Entwicklung von Web-fähigen 2D-Vektorformaten	50
3.4.5.1 Das <i>Scalable-Vector-Graphics-Format</i> , SVG	52
3.4.5.2 Entwicklungschancen von SVG als Mittel der Geovisualisierung	53
<b>4. Die Eignung der unterschiedlichen Internet-Techniken für den zielgerichteten Transfer von Rauminformationen</b>	<b>54</b>
4.1 Statische Karten	55
4.1.1 Visualisierung statischer Karten mit dem HTML-Code	56
4.1.2 Kartographische Informationsdichte durch Datenkomprimierung	59
4.1.3 Technikbedingte Grenzen der Visualisierung von online übertragenen Geoinformationen	66
4.1.4 Der Stellenwert statischer Karten für die Vermittlung geographischer Informationen	73

4.2	Interaktive Karten als Grundlage für eine effizientere Vermittlung von Rauminformationen	74
4.2.1	Kartengrafiken als Hyperlink	76
4.2.2	Die Technik der <i>clickable maps (image maps)</i>	77
4.2.3	Interaktionserweiterung durch <i>JavaScript</i> -Techniken	79
4.2.4	Interaktivität mit dem <i>Scalable Vector Graphics-Format (SVG)</i>	85
4.3	Animierte Karten und dreidimensionale Visualisierungen zur Überwindung von Vermittlungsbarrieren konventioneller Raumdarstellungen	86
4.3.1	Die Grundlagen von <i>animated maps</i>	88
4.3.1.1	Animation ohne <i>Plug-in</i> -Unterstützung	89
4.3.1.2	Kartographische Animationen und Film mit <i>Plug-in</i> -Technologie	94
4.3.2	Grundlagen von 3D-Darstellungen	97
4.3.2.1	Geländeüberflüge ( <i>fly-throughs</i> )	97
4.3.2.2	Panorama- und 3D-Objektdarstellungen	99
4.3.2.3	Dreidimensionale Landschaften mit Hilfe von <i>VRML, X3D</i> und <i>Java3D</i>	101
4.3.3	Der Stellenwert animierter und dreidimensionaler Raumdarstellungen in der online-basierten Vermittlung geographischer Informationen	104
4.4	GIS- und Datenbankgestützte Raumdarstellungen im Internet	105
4.4.1	<i>Maps on demand</i>	105
4.4.2	<i>Web-GIS</i>	106
4.4.2.1	Statische GIS-Karten	106
4.4.2.2	Interaktive <i>Web-GIS</i> Karten	108
<b>II.</b>	<b><i>Die Bewertung des Einsatzes neuer Technologien für den effizienten Transfer von Rauminformationen</i></b>	<b>112</b>
<b>5.</b>	<b>Das Vermittlungspotenzial geographischer Informationen durch die Online-Technologie</b>	<b>112</b>
5.1	Das Angebotspotenzial - Geoserver als Daten- und Informationsquelle für die kartographische Visualisierung	112
5.1.1	Geometriedaten	117
5.1.2	Vektordaten	119
5.1.3	Geländemodelle	120
5.1.4	Geostatistische Daten (Sachdaten)	121
5.1.5	Der Zugriff auf Fernerkundungsdaten	122
5.2	Das Nutzungspotenzial - kartengestützte Online-Systeme in kulturgeographischen Anwendungsbereichen	125
5.2.1	Online-Geodaten in Verwaltung und Planung	125
5.2.2	Online-Geodaten in der Wirtschaft	128
5.2.3	Tourismusbezogene Anwendungen	130

<b>6.</b>	<b>Empirische Überprüfung des Vermittlungserfolgs online- gestützter Rauminformationen</b>	<b>133</b>
6.1	Neue Formen der explorativen Geodatenanalyse	133
6.2	Der "Mehrwert" des Einsatzes kartengestützter Online-Systeme in der Vermittlung geographischer Informationen	136
6.3	Der empirische Untersuchungsansatz	141
6.4	Untersuchungsaufbau und Datenerhebung	143
6.4.1	Stichprobe und Analysemethode	143
6.4.2	Die verwendeten Kartenvorlagen	144
6.5	Vergleich zwischen konventionellen und digitalen Karteninhalten hinsichtlich der Interpretation von Relief und Landnutzung	146
6.5.1	Visualisierungsvoraussetzungen	146
6.5.2	Untersuchungsergebnisse	150
6.5.2.1	Erfassung makroräumlicher Strukturen	152
6.5.2.2	Komplexität der Geoinformationen	153
6.5.2.3	Die Wahrnehmung geographischer Detailinformationen	154
6.5.2.3.1	Folgen datenreduzierter Darstellungen	155
6.5.2.3.2	Informationsergänzung durch optionale Themenzuschaltung	156
6.5.2.4	Der Zeitaspekt bei der Informationsaufnahme	157
6.6	Fragenbereich bildungsbezogene Information – das Beispiel der Mensch-Umwelt-Beziehung in der Aralsee-Region	162
6.6.1	Visualisierungsvoraussetzungen	162
6.6.2	Untersuchungsergebnisse	166
6.7	Ton-Einsatz in der Vermittlung von Geoinformationen	168
6.7.1	Die Visualisierungsvoraussetzungen	169
6.7.2	Untersuchungsergebnisse	171
6.8	Der Einfluss von „Internet-Erfahrung“ auf den online-gestützten Transfer von Rauminformationen	175
6.9	Fazit der empirisch gewonnenen Ergebnisse	177
<b>7.</b>	<b>Die Auswirkungen kartengestützter Online-Systeme auf den Umgang mit geographischen Informationen</b>	<b>179</b>
7.1	Die Erweiterung des kartographischen Kommunikationsmodells	179
7.2	Gesellschaftliche Anforderungen an eine kartengestützte Kommunikation auf der Basis des Internet	183
7.3	Technische Perspektiven	186
7.4	Künftige Forschungsaufgaben	188
	<b>Zusammenfassung</b>	<b>191</b>
	<b>Summary</b>	<b>195</b>
	<b>Literatur</b>	<b>198</b>
	<b>Anhang</b>	<b>220</b>

## Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die Schlüsselfunktionen von Karten in der Geographie.....	17
Abb. 2: Interpretationshilfe "visual comparison" im System <i>Descartes</i> .....	30
Abb. 3: <i>Client-Server</i> -Struktur im Internet.....	33
Abb. 4: Formen der kartographischen Aufbereitung von Rauminformationen für das WWW .....	37
Abb. 5: Bedienungsoberfläche des <i>Plug-in</i> von <i>MapGuide</i> .....	45
Abb. 6: GIF-Bildaufbau mit <i>Interlacing</i> -Verfahren .....	60
Abb. 7: Verlustfreies Zoomen im <i>Browser</i> mit dem Komprimierungsverfahren <i>MrSID</i> .....	64
Abb. 8: Pixelstruktur in einer <i>FlashPix</i> -Grafik .....	65
Abb. 9: Interaktive und statische Web-Karten.....	77
Abb. 10 : Mit Hilfe von <i>JavaScript</i> erzeugtes Zusatzfenster auf einer HTML-Seite.....	81
Abb. 11: Web-Karte mit ein- und ausblendbaren Informationsschichten.....	84
Abb. 12: Techniken zum Aufruf einzelner Informationsschichten .....	85
Abb. 13: Bildreihenfolge einer GIF-Animation zur Präsentation der Veränderung des norddeutschen Küstenverlaufs.....	92
Abb. 14: Oberfläche des <i>Plug-in</i> von <i>MapGuide</i> mit unterlegtem Orthofoto.....	110
Abb. 15: Die Doppelfunktion von Karten im Rahmen der Geodaten-Visualisierung.....	114
Abb. 16: Ermittlung charakteristischer Bildstrukturen mit dem <i>Image Information Mining System</i> .....	125
Abb. 17: Web-GIS zur Unterstützung standortsuchender Investoren.....	128
Abb. 18: Prototyp eines VRML-basierten Tourismus-Informationssystems .....	133
Abb. 19: Webkarten- und Printkartendarstellung der Halbinsel Methana .....	149
Abb. 20: Vergleich der korrekten Antworten bei der Nutzung interaktiver und konventioneller Karten in % - Fragenbereich I (3D-Webkarte).....	152
Abb. 21: Durchschnittliche Antwortdauer bei interaktiven und konventionellen Karten.....	159
Abb. 22: Zeitvergleich zwischen interaktiven und konventionellen Karten nach Richtigkeit der Antworten .....	161
Abb. 23: Printkarte zum Thema "Mensch-Umwelt-Beziehung am Beispiel der Aralsee-Region" .....	166
Abb. 24: Ausschnitte aus der Kartenanimation zum Thema "Mensch-Umwelt-Beziehung am Beispiel der Aralsee-Region" .....	166
Abb. 25: Antwortverhalten im Fragenbereich II nach korrekten Antworten .....	167
Abb. 26: Screenshot aus der Animation zur Leinetal-Überflutung.....	171
Abb. 27: Antwortverhalten zur Frage nach der Lage des am längsten überfluteten Bereichs im Abbildungsausschnitt .....	173
Abb. 28: Vergleich der durchschnittlichen Antwortdauer bei animierten Webkarten mit bzw. ohne Ton Unterstützung.....	175
Abb. 29: Antwortverhalten nach Internet-Erfahrung der Probanden (Webkarten).....	177
Abb. 30: Anteil der Antworten des Fragenbereichs I nach Internet-Erfahrung und Antwortdauer - Webkarten .....	177
Abb. 31: Die Erweiterung des kartographischen Kommunikationsmodells durch das Internet .....	183
Abb. 32: Technik-Potenzial und Nutzungsanspruch von Karten und kartengestützter Informationssysteme im World Wide Web .....	185

## Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Realisierung von Web-GIS-Techniken .....	40
Tab. 2: HTML-Erweiterung durch kartographisch relevante <i>Viewer</i> und <i>Plug-ins</i> .....	43
Tab. 3: Formen der Rechenlast-Verteilung zwischen <i>Client</i> und <i>Server</i> bei kartengestützten Online-Systemen .....	47
Tab. 4: Gängige Grafik-Formate im Internet .....	65
Tab. 5: Verhältnis von Bildschirmauflösung zu Bildschirmfläche .....	69
Tab. 6: Minimaldimensionierung in der Kartengrafik bei Bildschirmvisualisierung .....	70
Tab. 7: Festlegung sensitiver Areale in einer interaktiven Webkarte .....	79
Tab. 8: Typische <i>Event-Handler</i> für den Online-Abwurf von Geoinformationen .....	80
Tab. 9: Skript-Techniken in Webkarten .....	83
Tab. 10: Gestaltungsoptionen eines <i>JavaScript</i> -Fensters zur Vermittlung von Geoinformationen .....	83
Tab. 11: Verbreitete Animationsformen im Internet .....	90
Tab. 12: Auswahl von GIF-Animationen .....	91
Tab. 13: Zugang zu (kostenlosen) Geodaten .....	117
Tab. 14: Fragenbereich I des Fragebogens .....	150
Tab. 15: Ergebnisse des Fragenbereichs I (Relief/Landnutzung) .....	152
Tab. 16: Ergebnisse der Signifikanz-Tests des Vergleichs zwischen interaktiver und konventioneller Karte nach Richtigkeit der Antworten .....	153
Tab. 17: Vergleich der Antwortdauer zwischen interaktiver und konventioneller Karte .....	160
Tab. 18: Vergleich der Antwortdauer zwischen interaktiver und konventioneller Karte nach Richtigkeit der Antworten .....	161
Tab. 19: Zeitlicher Verlauf der kartographischen Film-Animation über die ökologische Problematik der Aralsee-Region .....	164
Tab. 20: Fragenbereich II des Fragebogens .....	165
Tab. 21: Ergebnisse der Signifikanz-Tests des Vergleichs zwischen interaktiver und konventioneller Karte nach Richtigkeit der Antworten - Fragenbereich II .....	168
Tab. 22: Fragenbereich III des Fragebogens .....	172
Tab. 23: Antwortverhalten zur Frage nach der Zeitdauer der in der Kartenanimation visualisierten Leinetal-Überflutung .....	174
Tab. 24: Antwortverhalten zur Frage nach der Zeitdauer der in der Kartenanimation visualisierten Leinetal-Überflutung .....	174
Tab. 25: Internet-Erfahrung der Probanden .....	176

„Der Verstand vermag nichts anzuschauen und die Sinne nichts zu denken. Nur daraus, dass sie sich vereinigen, kann Erkenntnis entspringen“  
(Immanuel Kant, 1781)

## 1. Einführung

Die neuen Informationstechnologien und insbesondere das Internet werden als Informationsmedien immer wichtiger und nehmen in der Kommunikationskultur der Industriegesellschaften mittlerweile einen bedeutenden Rang ein. Die modernen Formen der Kommunikation und Informationsübertragung sind im Begriff, die Methoden der raumbezogenen Informationsverarbeitung und Wissensakquisition entscheidend zu verändern. Dies zeigt sich in der dynamischen und interaktiven Weitergabe von geographischen Informationen jedweden Abstraktionsniveaus (von elementaren Geodaten bis hin zu komplexen Wissensständen), die in Form von kartographischen Darstellungen im World Wide Web übertragen werden. Ihre Zahl nimmt im Internet beständig zu. Schätzungen gingen bereits 1999 von rund 40 Mio. Karten aus, die an jedem Tag von Internet-Nutzern weltweit aufgerufen werden (PETERSON 1999), ein Wert, der sich mittlerweile vervielfacht haben dürfte und der den Stellenwert der Visualisierung von Geodaten im Internet verdeutlicht.

Die Gründe für dieses Phänomen sind offenkundig, eignen sich Karten oder kartographische Darstellungen wie kaum ein anderes Medium dazu, räumliche Informationen und Sachverhalte schnell und effektiv zu transferieren. Karten präsentieren eine wichtige „Form der quantitativen-numerischen Darstellung geographischer Sachverhalte“ (LESER 1986, S.55) und erreichen somit eine große Aussagekraft über räumliche Zusammenhänge.

Die Internet-Technik hat nun das alte Medium „Karte“ aufgegriffen und die Verbreitung und Nutzung von Karten zunächst einmal in ungeahntem Umfang gefördert. Zudem treibt die innovative Internet-Technologie wiederum ständig die qualitative Weiterentwicklung von Karten zu interaktiven und mit abfragbaren Sachdaten hinterlegten Produkten (Web-GIS) voran. Obschon sich das Internet mit seiner Technologie somit noch in einer Diffusionsphase befindet, wird der Adaption der netzbasierten grafischen Informationsverarbeitung für die moderne Kartographie die gleiche innovative Bedeutung zugesprochen wie dem Übergang von der analogen zur digitalen Technik.

Die spezifischen Vorzüge internet-basierter Karten (Webkarten), wie ihre rasche Verfügbarkeit und ihre interaktiv-multimedialen Fähigkeiten, lassen ihre Anwendung in praktisch orientierten Handlungsrahmen - etwa im Vorfeld von planungsbezogener Entscheidungstätigkeit oder im akuten Katastrophenmanagement - sowie im wissen-

schaftlichen Bereich besonders geeignet erscheinen. Denn zahlreiche Restriktionen, die die konventionellen Kartenabbildungen bisher kennzeichneten, z.B. mangelnde Aktualität, begrenzter Informationsgehalt, statischer Abbildungscharakter etc., können nun überwunden werden. Dem Einsatz von Karten oder komplexen kartengestützten Informationssystemen im Internet wird daher künftig eine ständig zunehmende Bedeutung zugemessen, wenn es darum geht, raumbezogene Daten zu visualisieren (DE LANGE 2002).

Die neue Dimension in der kartengestützten Vermittlung geographischer Informationen, die sich auf der Basis der neuen Technologien herausgebildet hat, muss sich daher unmittelbar auf die Arbeitsweisen der modernen Geographie auswirken. Bereits heute sind zahlreiche Recherche-, Analyse- oder Planungstätigkeiten nicht mehr ohne das Internet denkbar. Die Informations- und Kommunikationstechniken scheinen somit auch den Methodenkanon des Fachs Geographie maßgeblich erweitern zu können. Am Beispiel der Nutzung kartographischer Darstellungen zeigt die nachfolgende Untersuchung erstmals auf, welche Bedeutung insbesondere das Internet hier für das Fach Geographie besitzt. Die behandelten Techniken und inhaltlichen Beispiele werden vorwiegend auf kulturgeographische Fragestellungen bezogen, jedoch sind die Einschätzungen hinsichtlich Wirkungsweise und Einsetzbarkeit raumbezogener Visualisierungstechniken auch auf andere Felder geowissenschaftlicher Fachdisziplinen übertragbar.



## Zusammenfassung

Für die Bearbeitung sowohl praktischer als auch wissenschaftlicher Fragestellungen gewinnt der Einsatz kartengestützter Online-Systeme heute zunehmend an Bedeutung und führt zu einer außerordentlich großen Aufwertung der klassischen Funktion der Kartendarstellung in raumbezogenen Arbeits- und Forschungsprozessen. Dies bezieht sich nicht nur auf das Fach Geographie, sondern auch die Vielzahl anderer geowissenschaftlicher Disziplinen. Alle Raumwissenschaften greifen auf räumlicher Modelle in Form von Karten oder kartenverwandten Darstellungen zurück, um Zugang zur räumlichen Realität zu erhalten und theoriegeleitet arbeiten zu können. Von einer Verbesserung der methodischen Schlüsselfunktion der Karte profitieren folglich auch die geowissenschaftlichen Nachbardisziplinen.

Wie bei Fernerkundungstechniken oder statistischen Analyseverfahren, die in zahlreichen geographischen Forschungsprozessen oder praktischen Auswertungstätigkeiten angewandt werden, ist es auch im Bereich der Online-Informationsvermittlung heute erforderlich, über hinreichende Kenntnisse der Wirkungsweise der eingesetzten Techniken (Verfahren) zu verfügen. Gerade im Hinblick auf die optische Perfektion, die mittlerweile kennzeichnend für digitalen Produkte raumbezogener Visualisierungstechniken ist, erscheint es notwendig, technische Zusammenhänge und Grundlagen aufzuzeigen. Nur so lassen sich z.B. kartographische Darstellungen als Ergebnis einer Raumanalyse hinreichend hinterfragen. Dies trifft insbesondere für das Medium Internet zu, dessen technische Prozesse dem Anwender oft verborgen bleiben. Die differenzierende Betrachtung der verschiedenen, heute zur Anwendung kommenden Technologien und Präsentationsformen macht "online-typische" Visualisierungsrestriktionen aber auch -potenziale deutlich, die mit den einzelnen Visualisierungsformen verbunden sind. Insbesondere das Wissen um vorhandene Defizite und Manipulationsmöglichkeiten ist unverzichtbar, um eine kritische Auseinandersetzung mit diesem Medium zu ermöglichen.

Der Stellenwert der einzelnen Darstellungsformen im Internet, die von einfachen statischen Karten bis hin zu web-gestützten Geographischen Informationssystemen reichen, ist für die Vermittlung geographischer Informationen sehr unterschiedlich und hängt nicht zuletzt auch von der Komplexität der eingesetzten kartengestützten Systeme und den damit verbundenen software-technischen Voraussetzungen ab. So können ausschließlich statische Kartendarstellungen infolge der technischen Restriktionen (Bildschirmauflösung, -größe) zunächst einmal naturgemäß nur geringen Vermittlungsanforderungen gerecht werden. Allerdings sind mittlerweile Techniken entwickelt worden, die zumindest teilweise Defizite im Informationstransfer auszugleichen vermögen (Einsatz von Vektorformaten, Komprimierungstechniken) und für bestimmte Fachanwendungen von Interesse sein können (Dokumentation, Archivierung). Für die Lösung anspruchsvollerer - u.a. stärker explorativ orientierter - Problemstellungen in den Geowissenschaften bleiben statische Webkarten jedoch nur von marginaler Bedeutung.

Ein anderes Bild ergibt sich bei der Betrachtung interaktiver und multimedialer Online-Systeme. Bereits mit vergleichsweise geringem software-technischen Aufwand (auf der Basis z.B. von HTML, *JavaScript*, SVG) lassen sich *interaktive* Webkarten erzeugen. Diese lassen sich inhaltlich beliebig tief staffeln und verfügen somit theoretisch über ein großes Potenzial für die Vermittlung geographischer Informationen. Dadurch können unterschiedliche Zielgruppen angesprochen oder verschiedene thematische Schwerpunkte gleichzeitig von einem einzelnen kartographischen Medium (Oberfläche) aus abgefragt werden. Perspektivische oder prozessorientierte Sachverhalte können mit Hilfe von 3D-Welten und Animationstechniken auch über das Internet visualisiert werden und sind vielen statischen und zweidimensionalen Darstellungen überlegen. Zahlreiche Visualisierungsaufgaben, z.B. dreidimensionale Raumsichten oder die Darstellung raum-zeitlicher Veränderungen, sind mit Hilfe dieser Techniken umsetzbar. Räumliche Muster und Regelmäßigkeiten lassen sich somit einfacher vermitteln als dies durch den Vergleich mehrerer oder vieler (statischer) Einzelkarten möglich wäre. Der sequenzielle Charakter der Animation überwindet den statischen Charakter konventioneller kartographischer Darstellung ebenso wie die VRML-Technik die klassische Problematik der Höhendarstellung in konventionellen Karten.

Der damit verbundene informationstechnische „Mehrwert“ besteht auch darin, dass die Interpretation der mit diesen Techniken vermittelten Rauminformationen individueller, d.h. abhängig von einer spezifischen Fragestellung erfolgen kann. Die Vorzüge eines individuellen und interaktiven Zugriffs auf geographische Informationen werden schließlich besonders deutlich bei der Nutzung von Geographischen Informationssystemen, die sich ebenfalls mit Hilfe der Internet-Technologie einrichten lassen (i.d.R. im Intranet). Hinzu treten schließlich die internet-spezifischen Vorteile wie der zeitlich und örtlich unbegrenzte Zugang, die – zumindest theoretisch – hohe Aktualität der angebotenen geographischen Informationen oder die Form der *kollaborativen* Visualisierung, mit der Möglichkeit der Online-Zusammenführung von Geodaten/Informationen aus räumlich getrennt liegenden Institutionen. Insbesondere die Funktionalität und vergleichsweise einfache Handhabung vieler kartengestützter Online-Systeme hat in der Praxis bereits zu einer weiten Verbreitung geführt und ein ständig wachsendes Angebots- und Nutzungspotenzial erzeugt. Auch bei der wissenschaftlichen Recherche nach Geodaten lassen sich zunehmend die Möglichkeiten des Internet nutzen, wie das Beispiel des Angebots zur digitalen Kartenkonstruktion zeigt.

Die Analyse der Konstruktions- und Distributionsweisen und die Herausstellung der informationstheoretischen Vorzüge kartengestützter Online-Systeme wurde um eine empirische Überprüfung ergänzt, um eine umfassendere Bewertung des tatsächlichen Vermittlungserfolges von geographischen Informationen erreichen zu können. Mit diesem Ansatz wurde der Versuch unternommen, die These von der größeren Effizienz von Webkarten (CARTWRIGHT/PETERSON 1999; GARTNER 2002; u.a.) zu überprüfen und aufzuzeigen, ob und ggfs. in welchem Umfang sich die mit einer Web-Karte verfolgte Intention, einen Raumausschnitt thematisch oder topographisch wiederzugeben, im Vergleich zu konventionellen Printkarten unterschiedlich umsetzen lässt. Die Datenerhebung erfolgte über eine Befragung von zwei unterschiedlichen Ver-

suchsgruppen, deren Wahrnehmungsleistungen als Indikator für die Wirkung der unterschiedlich codierten Rauminformationen gewertet wurden.

Insgesamt belegen die Ergebnisse des kartographischen Experiments die Annahme, dass der Vermittlungserfolg von kartengestützten Rauminformationen, die über das Internet übertragen werden, größer ist als bei konventionellen Printkarten. Der Anteil an korrekten Antworten, der bei der vergleichenden Befragung erzielt wurde, ist bei den mit der Web-Technologie visualisierten Karten durchschnittlich um rund 15% größer als bei den normalen Printkarten. Insbesondere bei komplexeren Rauminformationen, bei denen es um vergleichende Betrachtungen oder das Erfassen von kausalen Zusammenhänge geht, besitzen interaktive und multimedial unterstützte Raumdarstellungen, wie sie das World Wide Web ermöglicht, eindeutige Vorteile. Die Möglichkeiten zum räumlich, zeitlich und inhaltlich nahezu unbegrenzten Informationsabruf und zur Variation der Datenwiedergabe von Webkarten kommen dem jeweils unterschiedlich ausgeprägten Wahrnehmungsvermögen der Kartennutzer zugute und verbessern offensichtlich die individuelle Informationsaufnahme. Damit bestätigen die empirischen Daten grundsätzlich die theoretischen Überlegungen zur größeren Effizienz der kartengestützten Online-Systeme und zeigen deutlich die Notwendigkeit für einen erweiterten Einsatz dieser Techniken in der wissenschaftlichen Aufbereitung und Vermittlung von geographischen Informationen.

Allerdings trifft dies nicht einheitlich auf alle Arten von Rauminformationen zu. Unterschiede ergeben sich u.a. hinsichtlich der inhaltlichen Komplexität der zu vermittelnden geographischen Inhalte. So lassen sich vergleichsweise einfache Verortungsaufgaben, die einen Überblick über das Gesamtareal voraussetzen, infolge der zur Verfügung stehenden Technik nicht wesentlich besser und teilweise sogar schlechter lösen als mit Hilfe von konventionellen Printkarten. Nachteile bestehen darüber hinaus auch in der Geschwindigkeit der Informationsaufnahme, die bei Webkarten langsamer erfolgt. Sie sind jedoch in ihrem Umfang insgesamt als gering einzustufen und beeinträchtigen die Effizienz der kartographischen Darstellung wenig. Zudem ist davon auszugehen, dass mit zunehmender Verbreitung der Technologie und wachsenden Fertigkeiten der Kartennutzer der Zeitaufwand sinken wird.

Trotz Einschränkungen, die für die online-gestützte Übertragung von Rauminformationen gelten, treten die grundsätzlichen Stärken und Vorteile der verschiedenen Erscheinungsformen von Webkarten dennoch deutlich hervor. Das kartographische Kommunikationsmodell, das bis vor wenigen Jahren durch einen ausschließlich mono-direktional und zeitlich fixierten Informationsfluss geprägt war, ist heute entscheidend erweitert worden. Die neuen Technologien – hier in Form kartengestützter Online-Systeme - bieten somit die Chance, die Effizienz der Vermittlung räumlicher Informationen zu steigern. Nicht nur die Möglichkeiten zur Präsentation und Dokumentation werden verbessert, sondern auch jene zur wissenschaftlichen Recherche, Analyse und Interpretation geographischer Informationen. Zudem ist davon auszugehen, dass einige der noch bestehenden technischen Restriktionen künftig aufgehoben oder zumindest abgeschwächt werden, so dass das hier bietende Potenzial noch besser

zur Entfaltung kommen wird. Kartengestützte Online-Systeme können somit beitragen, ein realitätsnäheres Raumverständnis zu vermitteln und nachhaltig orientierte Zielsetzungen umzusetzen. Davon profitieren das Fach Geographie und andere (Geo-) Wissenschaften, die in der praktischen Arbeit wie auch im Forschungsprozess auf das Medium „Karte“ angewiesen sind.

Der Nutzen dieser Visualisierungsform besteht dabei nicht nur in der Fülle der verfügbaren Methoden, sondern vor allem in der sinnvollen Auswahl und Kombination dieser Werkzeuge. Ein theoretisches Konzept steht hierzu noch aus. Auch deshalb ist eine weitere fachwissenschaftliche Beschäftigung mit diesen Techniken erforderlich. Die neuen Technologien verändern entscheidend die kartographische Informationsübertragung und somit die Kommunikation räumlichen Wissens. Auch künftig sollten die Entwicklungen auf dem Gebiet der Internet-Technologie und ihre Einwirkungen auf die Geographie begleitet werden. Die Ergebnisse der hier durchgeführten Untersuchung können lediglich einen Anfang darstellen. Weitere Überprüfungen, die z.B. zwischen verschiedenen geographischen Handlungsrahmen, Kartentypen und Darstellungskombinationen differenzieren, müssen folgen, um dem fachrelevanten Einsatz der neuen Technologien eine gesicherte theoretische und praktische Grundlage zu verleihen.

## Summary

### **Applications of new information technologies for the preparation and efficient transmission of spatial data - the example of map-based systems on the Internet**

The internet is a prime means for distributing and visualising spatial data from cartographic and geographic databases. Reaching a broad audience, the number of maps designed and distributed on the World Wide Web has increased dramatically since the mid-1990s. From an original scientific niche, internet-based technology has grown to almost universal application in many practical contexts.

In line with demands for fast access to information and rapid transfer of spatial data, internet-based maps are now delivered to the user in a fraction of the time required to distribute print maps. A wide range of distribution instruments exists, including raw data servers (e.g. DEM), maps on demand (*Internet Map Servers*), interactive image maps, Web-GIS, animated maps and 3D-maps (virtual reality). A growing industry is involved in developing software specifically for distribution and retrieval of spatial (geographic) data. The first real interactive application was a map server at Xerox's *Palo Alto Research Center (PARC)* which went online in June 1993 and generated very simple maps from public domain data. The main significance of this first application was that it triggered ideas, and within a few months many systems incorporating maps into the web were online. The process of data distribution via the internet is characterized by increasing commercialization and professionalism, leading to the development of very user-friendly systems that are used by a growing range of enterprises and organisations. Multimedia components now widely accompany standard map generation, meeting the user's growing multimedia orientation and opening new ways of sharing spatial information. In contrast to non-digital maps, ordinary HTML-page *Internet Map Servers* are characterized by a wide range of techniques and interactive features which make information more individual and specific. Therefore, such servers offer interesting perspectives for digital cartography in the context of presentation and exploration of spatial data.

In practice, both print and internet-based maps are now equally well used. But how good are internet-based maps? Are they more effective than conventional print maps or just a pretty technological toy? An important methodological aspect is the time required to absorb and understand the information contained in an online map. Adequate transmission of information requires two features. First of all, information must be transmitted completely and correctly (effectiveness). But secondly, the result must be seen in relation to the amount of time required to achieve full and correct information (efficiency). This aspect also meets the requirements of the ISO-Norm CD 9214 on software ergonomics, which is one of the baselines for using the World Wide Web. For BOLLMANN (1981), speed and accuracy of interpretation are essential criteria for determining the success of a map from a perception-oriented point of view. SCHUMANN/MÜLLER (2000) define the quality of screen-based graphics as the ratio of

information perceived in a specific period of time to the information that should be transmitted in that period of time.

To estimate the potential added value of the new technology, the effectiveness of web maps (interactive and animated maps) needs to be compared to that of print maps. This study describes a first attempt at experimentally assessing the effectiveness of information transmission for both map types. A specific point of interest was the transfer of cartographic information on relief and land use, a topic often encountered in the field of tourism.

The experiment analysed patterns of map use in 84 first-term geography students of Göttingen University. The Greek peninsula of Methana served as a case study, where an online tourist information system has been developed based on a digital elevation model with additional topographical information. The students were split into two equally sized groups, dealing with one type of map respectively. Their task was to respond to a list of questions, which aimed to establish how well topographical and land use information could be extracted from each type of map. Questions focused on identifying the location of specific areas and spatial phenomena on the peninsula, searching for special topographic characteristics, identifying the visibility of special points and visually analysing the relationship between topography and land use. In case of the online version, a VRML-based 3D-graphic was retrieved online during the experiment. In order to be comparable, questions were identical for the conventional map and the online version. This also enabled an estimate of the time required for assimilating and processing information. Results can assist with the definition of guidelines for web map design. They can also contribute to assessing the possibilities of map-based online systems and their optimisation.

Results indicate a general difference in perceptive behaviour of both sample groups, although the differences between the two forms of visualisation are not always readily apparent. Of particular interest for evaluating the success of map-based online information transfer was the proportion of correct answers. In six out of nine questions, the interactive web map yielded more correct answers than the conventional map. The average proportion of correct answers was about 76% for web maps compared to 61% for print maps, indicating a higher effectiveness of map-based online systems.

Although the study was unable to include all forms of cartographic presentations available on the World Wide Web, results indicate that spatial information is more effectively transmitted by internet-based maps as part of an integrated visualisation system than classic printed maps. In many respects the results of this empirical study could equally apply to mobile map services. Most of the basic advantages of web maps also apply to mobile map services, e.g. unlimited access to information independent of time and place, up-to-dateness or retrieval of information tailored to specific target groups. Restrictions imposed by the transmission rate are likely to be solved in the near future (UMTS). Using similar techniques to web maps, mobile map

services could make it easier for consumers to retrieve higher rates of correct spatial information.

Both in research and in practice, the use of web-based technologies is likely to increase since options for interactive manipulation and variability in data visualization can meet the specific needs of individual map users. Nevertheless, some reservations must be expressed: Web maps are less successful in displaying overall topographic structures, presenting complex spatial information (spatial correlations) and take longer to assimilate. These disadvantages are likely to remain. Furthermore, some basic problems still exist in the provision of spatial data, e.g. in terms of authenticity and long term documentation. These will need to be solved in the future.